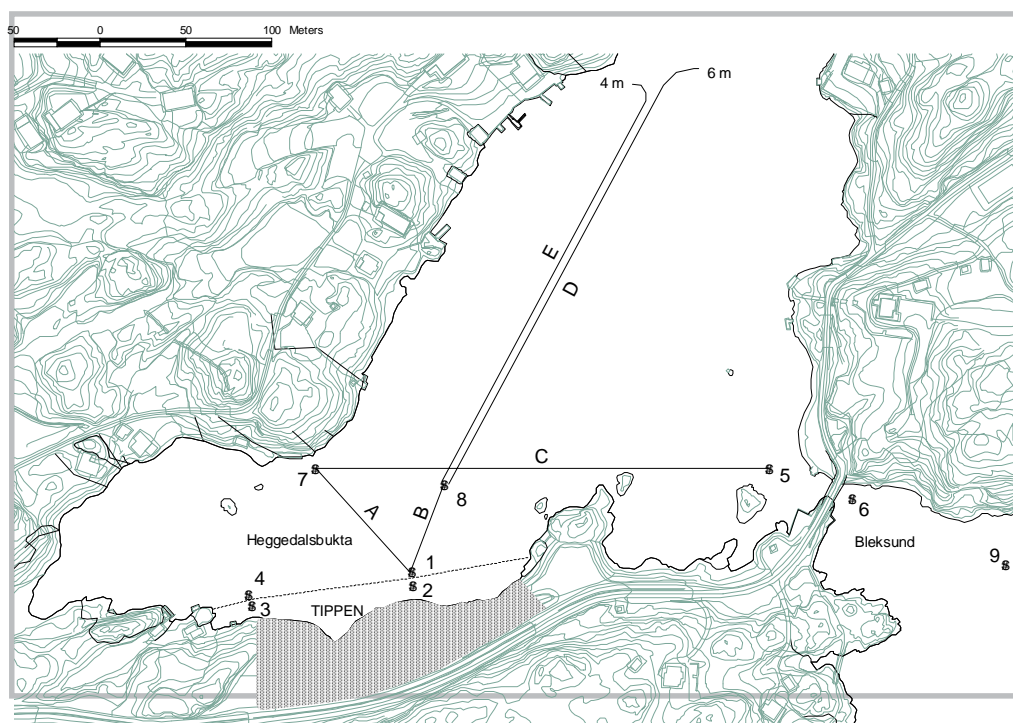




RAPPORT LNR 4496-2002

Spredning av forurensning under tiltak i strandkantdeponi ved Heggedalsbukta, Eydehavn, Arendal kommune



Hovedkontor

Postboks 173, Kjelsås
0411 Oslo
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 22 18 52 00
Internet: www.niva.no

Sørlandsavdelingen

Televeien 3
4879 Grimstad
Telefon (47) 37 29 50 55
Telefax (47) 37 04 45 13

Østlandsavdelingen

Sandvikaveien 41
2312 Ottestad
Telefon (47) 62 57 64 00
Telefax (47) 62 57 66 53

Vestlandsavdelingen

Nordnesboder 5
5005 Bergen
Telefon (47) 55 30 22 50
Telefax (47) 55 30 22 51

Akvaplan-niva

9296 Tromsø
Telefon (47) 77 75 03 00
Telefax (47) 77 75 03 01

| | | |
|---|---------------------------------------|--------------------------|
| Tittel Spredning av forurensning under tiltak i strandkantdeponi ved Heggedalsbukta, Eydehavn, Arendal kommune | Løpenr. (for bestilling) 4496-2002 | Dato 18. februar 2002 |
| | Prosjektnr. Undernr. O-21076 | Sider Pris 23 |
| Forfatter(e) Bakke, Torgeir Haavardstun, Jarle | Fagområde Marine miljøgifter | Distribusjon |
| | Geografisk område Aust-Agder | Trykket NIVA |

| | |
|-------------------------------------|-------------------|
| Oppdragsgiver(e) Arendal kommune | Oppdragsreferanse |
|-------------------------------------|-------------------|

Sammendrag

Overvåking av Heggedalsbukta, Eydehavn, er gjort i tilknytning til tiltak i Heggedalstippen 2001. Målet var å kontrollere spredning av forurensning. To dagstokt under tiltaksarbeidet og ett etter er gjennomført og omfattet måling av partikkeltetthet, siktedyp, temperatur og saltholdighet, samt TSM, tungmetaller (Cd, Pb og Cu), PCB og PAH i utvalgte vannprøver. Forurensede partikler ble virvlet opp i vannet i anleggsperioden og ga forhøyet konsentrasjon av Cd, Cu, Pb og spesielt PAH, men ikke PCB i vannet på innsiden av et vertikalt montert siltskjørt. Skjørtet forhindret i stor grad spredning til områdene utenfor. Etter et grunnbrudd i tiltaksområdet tidlig i august ble også PCB og PAH i opptrengt sediment analysert. Sedimentprøvene var ubetydelig til markert forurenset av PCB og markert til meget sterkt forurenset av PAH, og det ble anbefalt å vurdere ny tildekking. To uker etter avsluttet arbeid var vannet i hele sørlige del av bukta fortsatt markert forurenset av Cu og Pb. Et svakt PAH-signal i vannet i selve anleggsområdet ble påvist, men ansett som ubetydelig. Det anbefales at man foretar nye vannanalyser av metaller etter at noe lengre tid er gått.

| | |
|-----------------------|------------------------|
| Fire norske emneord | Fire engelske emneord |
| 1. Miljøgifter | 1. Contaminants |
| 2. Strandkantdeponi | 2. Shoreline deposit |
| 3. Bunnsedimenter | 3. Bottom sediment |
| 4. Partikkelspredning | 4. Particle dispersion |

Torgeir Bakke
Prosjektleder


Kristoffer Næs
Forskningsleder

Jens Skei
Forskningsdirektør

ISBN 82-577-4146-9

**Spredning av forurensning under tiltak i
strandkantdeponi ved Heggedalsbukta,
Eydehavn, Arendal kommune**

Forord

På oppdrag fra Arendal kommune gjennomførte Norsk institutt for vannforskning, NIVA, i 2001 en overvåking av spredning av forurensning som følge av oppryddings- og tildekkingsarbeid i Heggedalstippen, et deponi av industriavfall i strandkanten på sørsiden av Heggedalsbukta, Eydehavn. Feltarbeidet ble gjennomført av forskningsassistent Jarle Haavardstun og fagassistent Lise Tveiten. Alle kjemiske analyser er utført av NIVAs analyselaboratorium. Forsker Torgeir Bakke og Jarle Haavardstun har stått for rapporteringen med kart-bidrag fra Brage Rygg. Prosjektleder hos NIVA har vært Torgeir Bakke. Kontaktpersoner mot Arendal kommune har vært Henrik Kjøge og Øystein Rønningen, Asplan Viak.

Oslo, 18 februar 2001

Torgeir Bakke

Innhold

| | |
|--|-----------|
| Sammendrag | 5 |
| 1. Innledning | 6 |
| 2. Gjennomføring | 6 |
| 3. Resultater | 8 |
| 3.1 Vertikalprofiler av temperatur og saltholdighet | 8 |
| 3.2 Siktedyp | 8 |
| 3.3 Kartlegging av partikkelspredning | 8 |
| 3.4 Miljøgifter i vann under anleggsfasen | 12 |
| 3.5 Miljøgifter i vann etter avsluttet tiltak | 13 |
| 3.6 Sedimentanalyser etter grunnbrudd i anleggsområdet | 14 |
| 4. Konklusjoner og anbefalinger | 15 |
| 5. Referanser | 16 |
| Vedlegg A. Analyseprinsipper | 17 |
| Vedlegg B. Rådata | 21 |
| Vedlegg C. Normalisering mot TSM | 23 |

Sammendrag

På oppdrag fra Arendal kommune gjennomførte Norsk institutt for vannforskning, NIVA, i 2001 en overvåking av Heggedalsbukta, Eydehavn, i tilknytning til tiltak i Heggedalstippen, et deponi av industriavfall i strandkanten på sørsiden av bukta. Tiltaket besto i planering og tildekking på land, samt tildekking av forurenset sjøbunn i grunnområdene utenfor deponiet. Målsetning var å kontrollere eventuell spredning av forurensning under tiltaksarbeidet og etter at tiltaket var gjennomført.

Det ble gjennomført to endagstokt under anleggsvirksomheten, 30. april og 15. mai, og ett tokt omtrent 2 uker etter avsluttet arbeid, 27. november. Måleprogrammet omfattet måling av partikkeltetthet horisontalt og vertikalt ved svekning i lysgjennomtrengning, siktedyp, vertikalprofiler av saltholdighet og temperatur, samt uttak av vannprøver for analyse av totalt suspendert materiale, tungmetaller (Cd, Pb og Cu) polyklorerte bifenyler (PCB) og polysykliske aromatiske hydrokarboner (tjærestoffer, PAH).

Den 23. august ble det også tatt 7 prøver av sediment som hadde trengt opp etter grunnbrudd i selve tildekkingsområdet og lagt seg over den nye tildekkingen i sjø rett utenfor deponiet. Disse prøvene ble analysert for PCB og PAH. Målsetningen var å fremskaffe grunnlag for å avgjøre om man måtte gjennomføre ny tildekking.

Siktedyp og vertikalprofiler av lyssvekning (begge et mål på partikkeltetthet) viste at forurensede partikler ble virvlet opp i vannet i anleggsperioden, men at siltskjørtet i stor grad forhindret partikkelspredning til områdene utenfor. Det ble også påvist høyere totalkonsentrasjon av kadmium, kobber, bly og PAH i vannet på innsiden enn på utsiden av siltskjørtet, mest markert for PAH. Dette viser at både tungmetaller og PAH ble mobilisert gjennom anleggsarbeidet. Forhøyede konsentrasjoner innenfor skjørtet skyldtes ikke bare øket partikkelmengde i vannet, men også (og spesielt for PAH) at partiklene i seg selv var mer forurenset enn partiklene i vannet utenfor skjørtet. Det var ingen systematisk forskjell i metallkonsentrasjoner rett på utsiden av skjørtet og lenger nord i bukta, mens PAH-konsentrasjonen var noe forhøyet i vannet rett utenfor skjørtet. PCB ble ikke påvist i noen av vannprøvene.

Sedimentprøvene tatt fra tildekkingsområdet etter grunnbrudd tidlig i august var ubetydelig til markert forurenset av sum PCB₇, og markert til meget sterkt forurenset av sum PAH₁₆. De mest forurensede prøvene var primært fra det som antas å være det opprinnelige bløte overflatesedimentet i området, men fantes også i en av prøvene av materiale fra større dyp i sedimentet. Forurensningsgraden var stor nok til at ny tildekking ble anbefalt.

To uker etter at arbeidet av avsluttet og siltskjørtet fjernet var partikkelvariasjonen i den sørlige del av Heggedalsbukta liten og usystematisk, og en eventuell tilførsel av partikler fra anleggsområdet til vannet var ikke lenger målbar ved lystransmisjon. Undersøkelsene ga generelt inntrykk av at forurensningsforholdene var i ferd med å bedre seg. De kjemiske analysene viste en noe høyere forekomst av PAH-komponenten pyrén i vannet i selve anleggsområdet enn lenger ute i bukta, men dette signalet kan være tilfeldig og ansees være ubetydelig. Det var også fortsatt markert forurensning av kobber og bly i vannet i hele sørlige del av Heggedalsbukta. Som kontroll på hvorvidt dette er etterdønninger etter anleggsarbeidet eller en vedvarende tilstand, anbefales det at det gjennomføres nye vannanalyser av metaller etter at noe tid er gått, forslagsvis i april eller mai 2002 (som vil være direkte sammenlignbart med toktene i 2001). Behovet for videre overvåking bør vurderes på grunnlag av resultatene fra disse.

1. Innledning

Rapporten presenterer resultatene fra undersøkelser i Heggedalsbukta nord for Nitriden industriområde, Eydehavn, Arendal kommune gjennomført i 2001. Målsetningen var å kartlegge spredning av forurensede partikler i vannmassene under anleggsarbeid i og utenfor strandkanten ved Heggedalstippen på sørsiden av bukta. Rapporten omfatter også resultatene av en undersøkelse av bunnsedimenter som var havnet oppå sjøbunnstildekkingen etter grunnbrudd som skjedde i juli/august 2001.

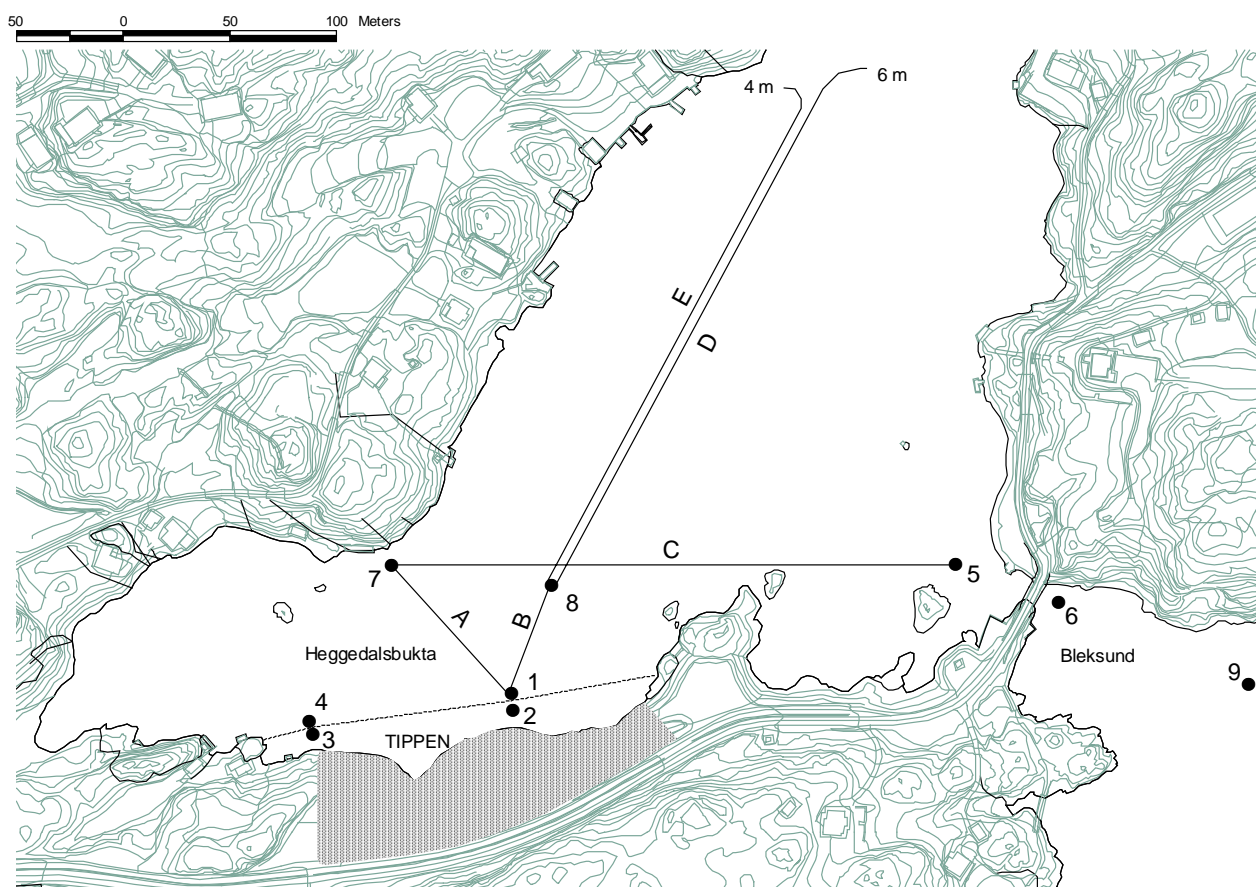
2. Gjennomføring

Etter program avtalt med Arendal kommune ble det gjennomført 3 endagstokt med mindre båt i området: 30. april og 15. mai samtidig med at anleggsvirksomheten var i gang og 27. november, - omtrent 2 uker etter avsluttet arbeid og fjerning av et vertikalt siltskjørt som var montert rundt anleggsområdet. Måleprogrammet omfattet de samme elementene hver gang (posisjoner for horisontale og vertikale snitt og vannprøver er vist i figur 1):

- Måling av partikkeltetthet som prosent svekning i lystransmisjon ved bruk av et Q-meter. Vertikalprofiler er tatt på 9 stasjoner (fig. 1). Stasjon 2 og 3 var plassert rett på innsiden av siltskjørtet, stasjon 1 og 4 på utsiden i samme posisjoner. Horisontale profiler ble tatt langs 5 transekter og på 2, 4 og 6 m dyp (fig. 1, transekt A-E).
- Måling av siktedypet fra overflaten ved bruk av Secchi-skive. Dette ble målt på samme stasjoner som vertikalprofiler i transmisjon.
- Måling av vertikalprofiler av saltholdighet og temperatur ved bruk av en nedsenkbar CTD-sonde. Dette ble gjort på alle stasjoner utenfor siltskjørtet med unntak av stasjon 6 i Bleiksundet.
- Vannprøver for analyse av TSM (totalt suspendert materiale), PAH, PCB, Cd, Pb og Cu. Prøvene ble tatt som blandprøve fra de øvre 3 m dyp fra stasjon 1 og 2, fra de øvre 6.5 m fra stasjon 7 og de øvre 8 m fra stasjon 8 (bare siste tokt).

I august ble det konstatert at bunnsedimenter hadde trengt seg opp og lagt seg over den nye tildekkingen rett utenfor Tippen (grunnbrudd). Den 23. august ble det tatt 7 prøver av dette sedimentet for å fastslå om det var nødvendig å legge ut ny tildekking. Prøvene ble tatt med en liten bunngrabb ut fra en kartskisse laget 19. august av dykker Reidar Rose og etter anvisning på stedet av Øystein Rønningen, Asplan Viak. Prøvene ble frosset ned og sendt til NIVA for analyse av sum PCB₇ og sum PAH₁₆. Beskrivelse av prøvene er gitt i tab. 1. Prøvene nr. 1 t.o.m. 4 ble tatt utenfor området markert som leirrygg på kartskissen. Det synes som om dette var topplaget av sedimentene som har blitt presset opp, ettersom konsistensen av sedimentprøvene her var svært bløte. Prøvene 5 til 7 ble tatt fra området markert som leirrygg iblandet stein på kartskissen. Dette antas å være sedimentene som har ligget under det bløte topplaget. Ut fra den visuelle beskrivelsen ble det analysert på en blandprøve av prøve nr. 1 og 2 og på individuelle prøver fra resten.

Alle analyser er utført av NIVAs laboratorier etter akkrediterte metoder der disse er etablert, forøvrig etter NIVAs interne standardprosedyrer. Kortfattet beskrivelse av prosedyrene er gitt i vedlegg A. Rådata er gitt i vedlegg B.



Figur 1. Kart over undersøkelsesområdet med posisjoner for vertikalprofiler, siktedyp og vannprøver (stasjon 1-9) og for horisontal-profiler av lystransmisjon (transekt A – E). Stiplet linje ved Tippet angir plassering av siltskjørt. Anleggsområdet er skravert.

Tabell 1. Sedimentbeskrivelse for prøver tatt 23. august 2001 etter opptrenging av bunnsedimenter i tildekkingsområdet i Heggedalsbukta.

| Prøve nr. | Visuell sedimentbeskrivelse | Uttak av prøvemateriale for analyse |
|-----------|---|--|
| 1 og 2 | Svart finkornet svært bløtt sediment, iblandet grå striper (bakterier?) sterk H ₂ S-lukt | Øverste 2 cm |
| 3 og 4 | Svart finkornet bløtt sediment, iblandet grå striper (bakterier?) sterk H ₂ S-lukt | Øverste 2 cm |
| 5 og 6 | Brunt, klebrig forholdsvis fast sediment, H ₂ S-lukt | Øverste 2 cm |
| 7 | Øverste 2-3cm som prøve nr. 1. Underliggende lag som prøve 5. Sterk H ₂ S-lukt. | Blanding av bløtt topplag, og fastere sediment under |

3. Resultater

3.1 Vertikalprofiler av temperatur og saltholdighet

I april viste STD-målingene en stabil temperatur på 6-7°C i alle dyp på alle stasjonene i Heggedalsbukta (fig. 2). I Tromøysundet var det omtrent samme temperaturforhold i øvre vannmasser, men noe kaldere (5°C) under 7 m dyp. Saltholdigheten lå på ca. 20 i overflata og økte gradvis med dypet både i bukta og utenfor.

STD-målingene i mai viste at det hadde skjedd en betydelig oppvarming av overflatevannet i Heggedalsbukta som gradvis spredte seg mot dypet, men uten noe tydelig sprangsjikt (fig. 3). Saltholdigheten i overflaten var litt lavere enn i april og et svakt sprangsjikt på 1-3 m dyp ble antydnet. I Tromøysundet var det et tydeligere sprangsjikt både i temperatur og saltholdighet på 2-3 m dyp.

Målingene i november viste en overflatetemperatur på 3-5°C i bukta og svakt høyere i Tromøysundet (fig. 4). Mellom 1 og 2 m dyp økte temperaturen til ca. 7.5°C i bukta, mens det var en svak reduksjon i temperaturen med dyp i Tromøysundet. Overflatesaltholdigheten var høyere i Heggedalsbukta enn i Tromøysundet og økte svakt med dypet (unntatt på stasjon 7).

3.2 Siktedyp

Siktedypresultatene er oppgitt i tab. 2. I april ble det ikke funnet entydig forskjell i siktedyp innenfor og utenfor siltskjørtet. I mai var siktedypet innenfor skjørtet kun 1.5 m (kun én stasjon tatt), mens det rett på utsiden var rundt 4 m (på stasjon 4 var siktedypet større enn vanndypet). Siktedypet lenger nord i bukta var bare svakt større enn på utsiden av siltskjørtet og i Tromøysundet svakt større enn dette igjen. På november-toktet ble siktedyp bare målt på stasjon 8 og var da 10.5 m. Forskjellen fra april/mai reflekterer en naturlig sesongvariasjon i siktedyp.

3.3 Kartlegging av partikkelspredning

Lyssvekningen 30. april var ulik på de to stasjonene innenfor siltskjørtet (tab. 1A, stasjon 2 og 3). Stasjon 2 viste noe høyere partikkeltetthet (lavere prosent transmisjon) på 1- 3 m dyp enn stasjon 1 rett utenfor skjørtet. Forskjellen innenfor og utenfor skjørtet var betydelig større ved stasjon 3 (sammenliknet med stasjon 4). Stasjonene 1 og 4 rett utenfor skjørtet hadde i hovedsak samme lyssvekningsprofil som stasjonene lenger ute i bukta (7 og 8). De samme forskjellene i lyssvekning innenfor og utenfor siltskjørtet ble funnet på toktet 15. mai (stasjon 1 versus 2 i tab. 2B). Dette viser at siltskjørtet har fungert etter hensikten i denne perioden.

Stasjonene 7 og 8 i bukta nord for tippen og stasjon 5 innenfor Bleiksundet hadde omtrent samme partikkelprofil på april- og mai-toktene (tab. 2A og B). Det var minst partikler i 2-3m dyp og en gradvis økning i partikkeltettheten fra 3 m og nedover. På 6 m dyp ble det påvist et tydelig minimum i transmisjon, dvs. et sjikt med høy partikkeltetthet (cf stasjon 5, 7 og 8). Økningen av partikler med dyp hadde ingen sammenheng med vertikalprofil for temperatur og salinitet, dvs. tetthet (vist i fig. 3). Vannet utenfor Heggedalsbukta hadde både i april og mai mindre partikkeltetthet enn vannet i bukta i øvre 3 m og ingen økning av partikler med dypet videre nedover.

Horisontale transmisjonsprofiler ble tatt på alle transekter A – E i april. Transektene A, C, D (fig. 1) på 6 m dyp hadde konstant en transmisjon på mellom 0 og 4%. Transekt B og E på 4 m dyp hadde jevnt 16% transmisjon hele tiden. Det betyr at sjiktet på 6 m dyp med meget høy partikkeltetthet dekket mesteparten av Heggedalsbukta. Det var ingen systematisk horisontal endring i transmisjon i dette dypet, som kunne knytte partikkelsjiktet til anleggsområdet, men slik kobling kan ikke utelukkes. På toktet i mai ble det målt transmisjon på horisontaltransektene D og E. I transekt D (6 m dyp) varierte

registreringene mellom 9.1 og 12.5%, og langs transekt E (4 m dyp) mellom 17.5 og 24.5%, dvs. også i mai var det generelt høyere partikkeltetthet i 6 m enn i 4 m dyp, men forskjellen var mindre enn i april.

Tabell 2. Vertikalprofiler av transmisjon (% lyssvekning) som mål for partikkeltetthet for hvert av toktene. NB Skalaen på tokt 3 er ulik de andre grunnet bruk av annet instrument.

A: tokt 1 30. april 2001

| Dyp (m) | St1 | St2 | St3 | St4 | St5 | St6 | St7 | St8 | St9 |
|----------|------|------|------|------|------|--------|-----|------|-----|
| 0.5 | 23,0 | - | 2.1 | 35 | 36 | 31.6 | 34 | 27 | |
| 1 | 24,7 | 14.4 | 5.5 | 18.5 | 23 | 34 | 20 | 27.1 | 35 |
| 2 | 41.9 | 20.4 | 23 | 14.5 | 36.5 | 50.1 | 36 | 40.5 | 55 |
| 3 | 33,2 | 28.9 | 13.5 | 44.0 | 41.5 | 54 | 37 | 38 | 55 |
| 3.5 | - | - | | 11.5 | - | - | - | - | - |
| 4 | 16,8 | 16.5 | | | 19 | 0 bunn | 20 | 21.5 | 55 |
| 5 | | | | | 11.5 | | 16 | 13.5 | 56 |
| 6 | | | | | 0.3 | | 6 | 1.2 | 57 |
| 7 | | | | | 0.4 | | | 15 | 58 |
| 8 | | | | | | | | 16.5 | 58 |
| 9 | | | | | | | | 8.5 | 57 |
| 10 | | | | | | | | | 58 |
| Sikt (m) | 4.5 | 2.5 | 4.5 | 2.5 | 5 | - | 5 | 5 | 7 |

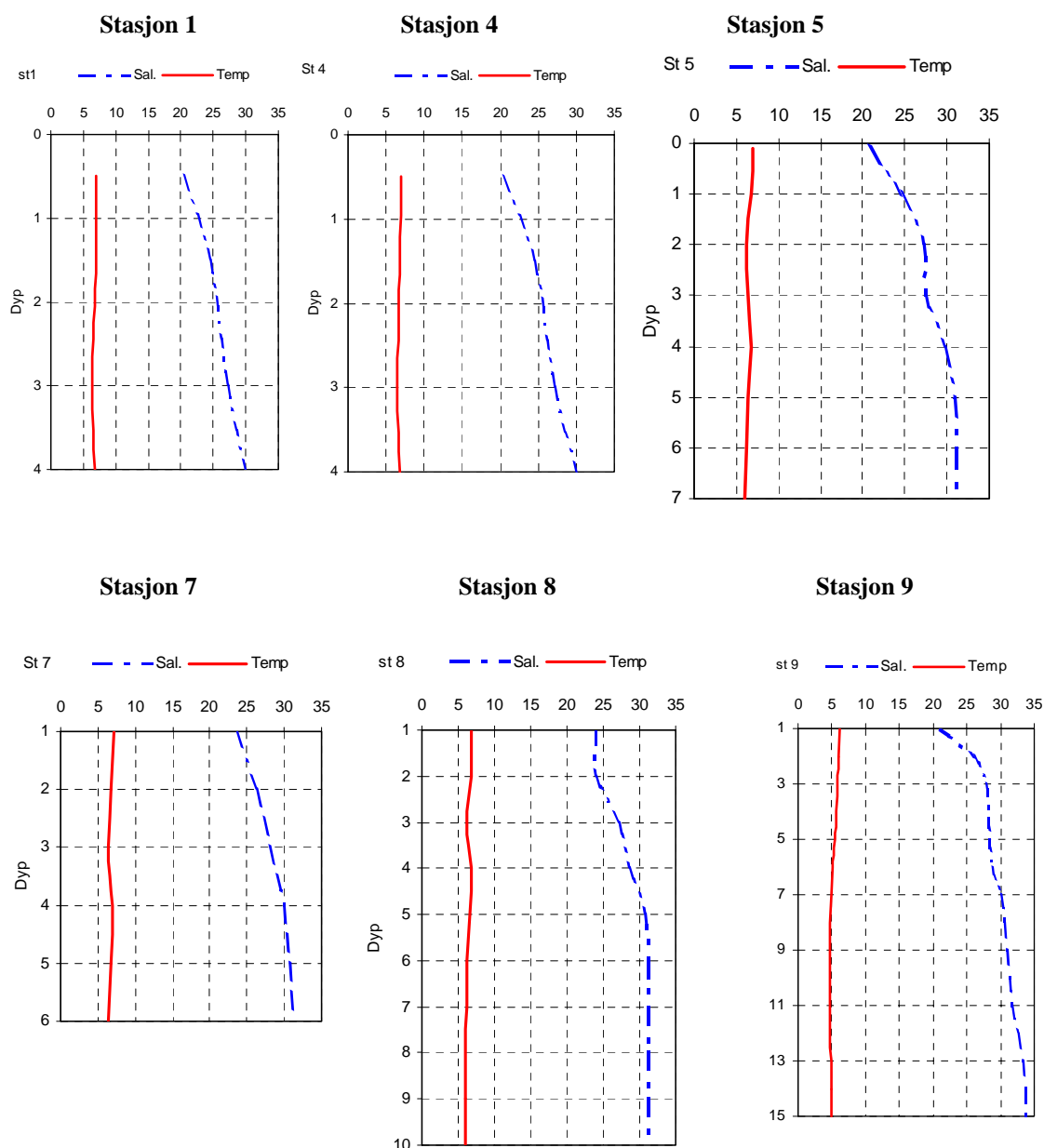
B: tokt 2, 15. mai 2001

| Dyp (m) | St1 | St2 | St3 | St4 | St5 | St6 | St7 | St8 | St9 |
|----------|------|-----|-----|------|------|-----|------|------|------|
| 0.5 | 19.3 | 0.8 | - | 19.5 | 17 | - | 19.9 | 18.5 | 21 |
| 1 | 19 | 3.5 | - | 19.3 | 17.3 | - | 19.5 | 15.7 | 21.5 |
| 2 | 15.1 | 1.1 | - | 13 | 17.1 | - | 17.1 | 15.7 | 22.2 |
| 3 | 18.6 | 0 | - | 11.5 | 16.3 | - | 20 | 15.5 | 24.5 |
| 3.5 | - | - | - | 22.5 | - | - | - | - | - |
| 4 | 19.5 | 5.1 | - | | 23.3 | - | 23.2 | 21 | 25.8 |
| 5 | | | | | 13.5 | | 13.9 | 15.6 | 29.1 |
| 6 | | | | | 3.2 | | 3 | 4.1 | 32.5 |
| 7 | | | | | 7.6 | | | 1 | 36.1 |
| 8 | | | | | | | | 0.2 | 32.5 |
| 9 | | | | | | | | 0.4 | 46.1 |
| 10 | | | | | | | | | 44.8 |
| Sikt (m) | 4.3 | 1.5 | - | 3.5 | 4.5 | - | 4.5 | 4.5 | 5.1 |

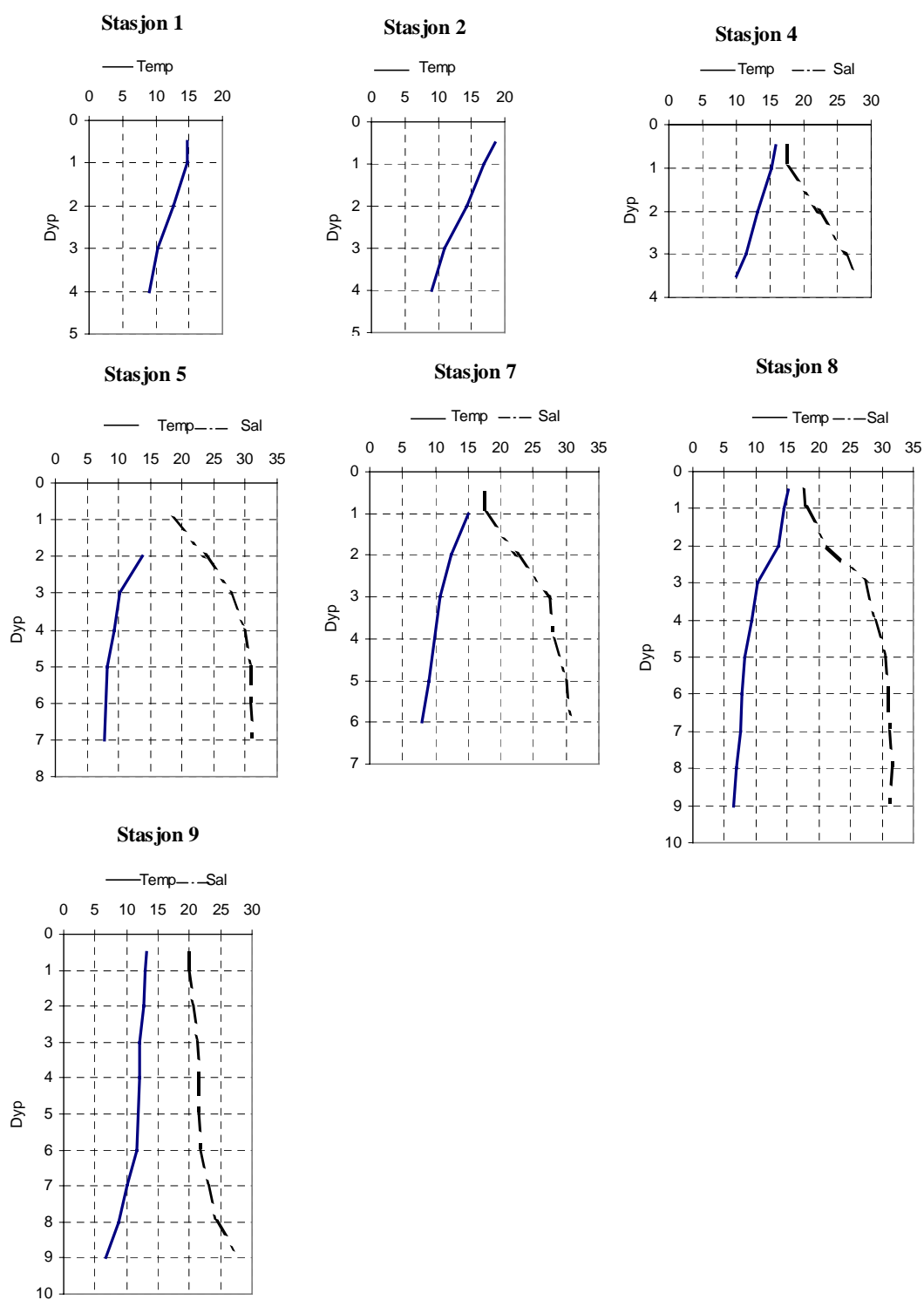
C: tokt 3, 27. november 2001

| Dyp (m) | St1 | St2 | St3 | St4 | St5 | St6 | St7 | St8 | St9 |
|----------|------|-----|------|-----|------|-----|------|------|-----|
| 0 | 4.30 | - | 4.26 | - | 4.07 | - | 4.28 | 4.22 | - |
| 1 | 4.36 | - | 4.28 | - | 4.17 | - | 4.20 | 4.23 | - |
| 2 | 4.24 | - | 4.19 | - | 4.06 | - | 4.14 | 4.17 | - |
| 3 | 4.23 | - | 4.14 | - | 4.12 | - | 4.24 | 4.20 | - |
| 4 | 4.35 | - | - | | 4.20 | - | 4.27 | 4.27 | - |
| 5 | | | | | 4.21 | | 4.25 | 4.28 | - |
| 6 | | | | | 4.19 | | 4.24 | 4.24 | - |
| 7 | | | | | 4.16 | | | 4.24 | - |
| 8 | | | | | | | | 4.23 | - |
| Sikt (m) | - | - | - | - | - | - | - | 10.5 | - |

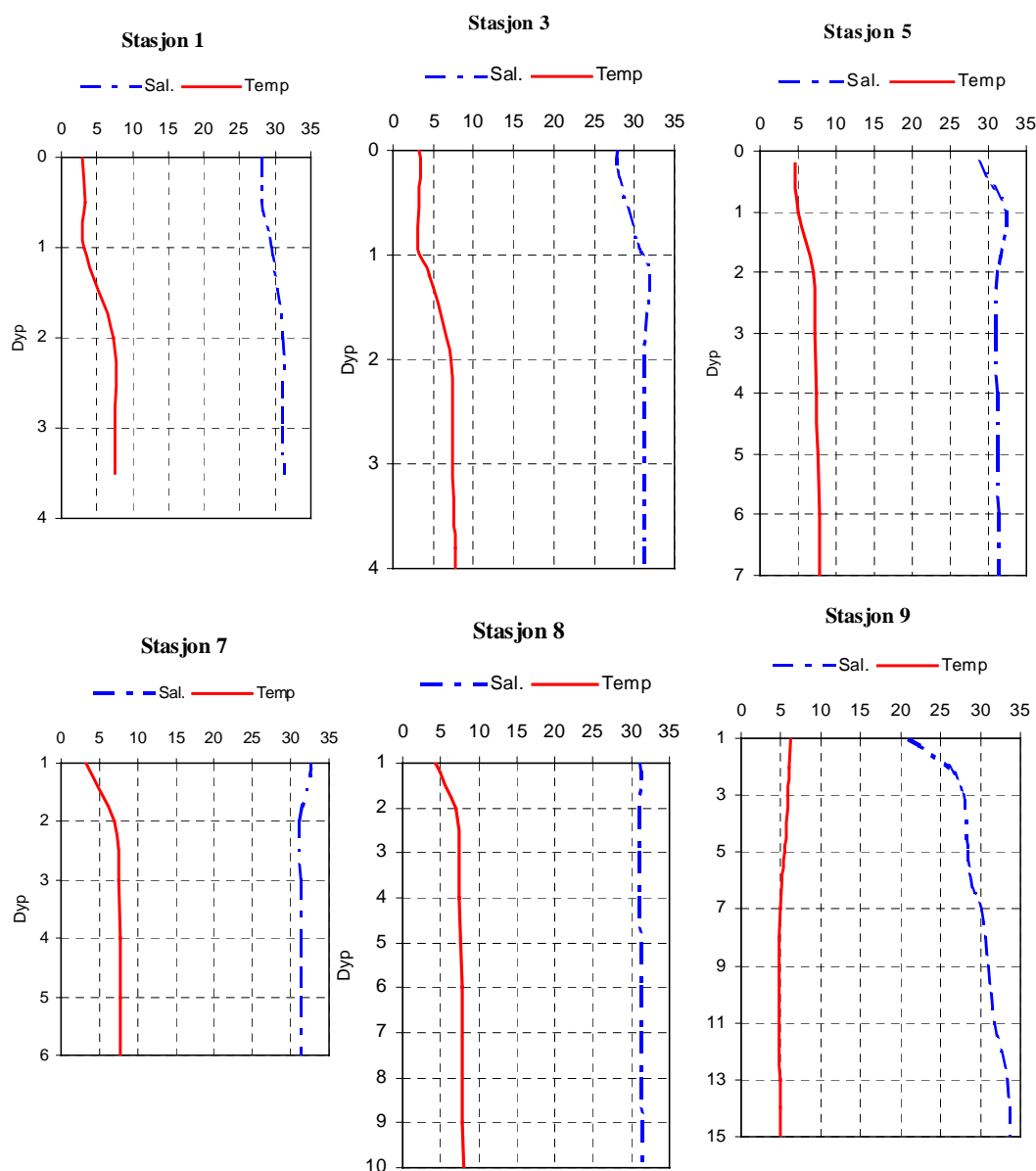
To uker etter avsluttet anleggsarbeid var vertikal lyssvekning omtrent den samme over hele Heggedalsbukta og vertikallprofilene viste ingen entydig endring i transmisjon med dyp på noen stasjoner (tab. 2C). Horisontale transmisjonsprofiler ble målt langs transektene A, B, og C (fig.1). Langs transekt A i 4 m dyp lå transmisjonen på 4.15%. Langs transekt C i samme dyp varierte målingene fra 4.10% til 4.20%, de fleste på 4.17%. Langs transekt B lå målingene på 3.94 – 4.09% i 2 m dyp og 4.05 – 4.13% i 6 m dyp, med høyest lyssvekning ytterst. Målingene viste derfor at partikkeltettheten nå varierte lite og usystematisk over hele den sørlige del av Heggedalsbukta, og at eventuell tilførsel av partikler fra anleggsområdet til vannet i bukta ikke lenger var målbar etter denne metoden.



Figur 2. Vertikale profiler av salinitet og temperatur i Heggedalsbukta og Tromøysundet 30. april 2001.



Figur 3. Vertikale profiler av salinitet og temperatur i Heggdalsbukta og Tromøysundet 15. mai 2001.



Figur 4. Vertikale profiler av salinitet og temperatur i Heggedalsbukta og Tromøysundet 27. november 2001.

3.4 Miljøgifter i vann under anleggsfasen

Resultatene fra vannprøve-analysene er gitt i tab. 3. Under anleggsarbeidet var konsentrasjonen av TSM rett utenfor siltskjørtet (stasjon 1) og lenger nord (stasjon 7) omtrent lik, mens konsentrasjonen innenfor skjørtet (stasjon 2) var 2-5 ganger høyere.

I forhold til SFTs tilstandsklassifisering (Molvær et al., 1997) var vannet generelt i hele sørlige delen av Heggedalsbukta utenfor siltskjørtet moderat forurensset av kadmium (klasse II) og med ett unntak markert forurensset av kobber og bly (klasse III). I vannet innenfor skjørtet var metallkonsentrasjonen forhøyet med en faktor på 2-3 for kadmium (tilstandsklasse III, markert forurensset), 3-5 for kobber (tilstandsklasse IV – V, sterkt til meget sterkt forurensset) og 6-18 for bly (tilstandsklasse IV – V).

Sum PAH innenfor skjørtet var også klart forhøyet både i april og mai med overkonsentrasjon på henholdsvis 83 og 22 ganger i forhold til på utsiden. Innenfor skjørtet var 15 av de 16 PAH-komponentene analysert høyere enn deteksjongrensen både i april og mai (Vedlegg B). Dette viser at både tungmetaller og PAH ble mobilisert til vannet innenfor siltskjørtet under tildekkingsarbeidet. Dersom konsentrasjonene ble normalisert mot mengde suspendert materiale TSM (normalisering vist i appendix C) var det fortsatt overkonsentrasjon av kobber og bly og spesielt PAH innenfor siltskjørtet. Dette viser at forurensningen innenfor skjørtet ikke bare skyldes øket partikkelmengde i vannet, men også (og spesielt for PAH) at partiklene i seg selv var mer forurenset.

Det var ingen systematisk forskjell i konsentrasjon av kadmium, kobber og bly i vannet rett på utsiden av skjørtet (stasjon 1) og lenger ute i bukta (stasjon 7) verken i april eller mai. Dette viser at det ikke var nevneverdig spredning av tungmetaller utenfor siltskjørtet. For sum PAH var konsentrasjonen i vannet på stasjon 1 rett utenfor skjørtet noe høyere enn på stasjon 7 lenger nord, med klareste forskjell 30. april. Rett utenfor skjørtet var 4-6 av de 16 PAH komponentene over deteksjongrensen (Vedlegg B). Lenger ute var henholdsvis 1 og 6 over deteksjongrensen i april og mai. Forskjellen mellom stasjon 1 og 7 kan enten skyldes transport av PAH-holdige partikler gjennom skjørtet, eller oppvirling rett utenfor skjørtet.

Ingen av vannprøvene på noe tokt hadde innhold av sum PCB₇ over deteksjongrensen.

Tabell 3. Konsentrasjoner av suspendert materiale, tungmetaller, PCB og PAH i vannprøver fra Heggedalsbukta under og etter anleggsvirksomhet. Forurensningsgrad etter SFTs klassifisering er markert med fargekoder (klassifiserings-systemet omfatter ikke TSM og PAH i sjøvann):

| <div> <div>Lite / ubetydelig</div> <div>Moderat</div> <div>Markert</div> <div>Sterkt</div> <div>Meget sterkt</div> </div> | | | | | | | |
|---|---------|-------------|------------|------------|------------|------------------------------|-------------------------------|
| Dato | Stasjon | TSM mg/l | Cd ng/l | Cu µg/l | Pb µg/l | sum PCB ₇ ng/l | sum PAH ₁₆ ng/l |
| 30.04.01 | St. 1 | 1.07 | 30 | 0.81 | 0.15 | 0 | 49 |
| | St. 2 | 2.72 | 71 | 2.35 | 0.87 | 0 | 4056 |
| | St. 7 | 1.81 | 36 | 1.13 | 0.28 | 0 | 15 |
| 15.05.01 | St. 1 | 1.77 | 36 | 1.35 | 0.17 | 0 | 29.6 |
| | St. 2 | 7.82 | 91 | 6.35 | 3.00 | 0 | 641.3 |
| | St. 7 | 1.34 | 31 | 1.04 | 0.13 | 0 | 22.6 |
| 27.11.01 | St. 1 | 0.55 | 25 | 0.76 | 0.20 | 0 | 11.2 |
| | St. 7 | 0.49 | 28 | 0.54 | 0.14 | 0 | 5 |
| | St. 8 | 0.54 | 24 | 0.74 | 0.23 | 0 | 6.1 |

3.5 Miljøgifter i vann etter avsluttet tiltak

To uker etter fjerning av siltskjørtet var det ikke forskjell i TSM mellom stasjon 1 der siltskjørtet hadde stått og lenger ute i bukta (stasjon 7 og 8). Det var heller ingen systematisk forskjell i konsentrasjon av tungmetaller mellom stasjon 1 og stasjonene 7 og 8. Vannet i hele sørlige del av bukta var lite/ubetydelig forurenset av kadmium (klasse I). Vannprøven fra stasjon 1, ved grensen til det tidligere anleggsområdet, og stasjon 8 lenger ute viste fortsatt markert forurensning av kobber og bly (klasse III), mens stasjon 7 litt lenger vest bare var moderat forurenset av bly og kobber (klasse II). Konsentrasjonene av sum PAH i Heggedalsbukta var nå klart lavere enn det som ble funnet utenfor siltskjørtet i april og mai, men fortsatt var konsentrasjonen av sum PAH på stasjon 1 omtrent dobbelt så høy som lenger ute. Analysen av enkeltkomponenter (Vedlegg B) viste at det bare var 2

enkeltkomponenter av de 16 analyserte som var over deteksjonsgrensen for analysen: Fluorantén og pyrén. Fluoranthén hadde samme konsentrasjon i alle tre prøvene. Pyrén ble kun positivt påvist på stasjon 1 og lå da såvidt over deteksjonsgrensen på 5 ng/l (5.2 ng/l). Sum PAH beregnes som summen bare av de konsentrasjonene som er over deteksjonsgrensen. De under deteksjonsgrensen regnes å ha konsentrasjon 0, men kan i virkeligheten ha konsentrasjon fra 0 og like opp til 5 ng/l. Sum PAH vil derfor overdrive forskjellen mellom stasjon 1 og stasjon 7 og 8. Siden pyrén er en relativt lett vannløselig PAH-komponent kan dette være et svakt signal om at det fortsatt var en liten utlekking til vannmassene, men forskjellen mellom 5.2 ng/l og deteksjonsgrensen på 5 ng/l kan like mye bero på tilfeldigheter. Vi anser derfor ikke PAH-signalet i anleggsområdet for å være av betydning.

3.6 Sedimentanalyser etter grunnbrudd i anleggsområdet

Alle sedimentprøvene var markert til meget sterkt forurensset av sum PAH₁₆ (klasse III til V), enkelte av dem betydelig over grensen for klasse V som er 20 000 µg/kg tv (tab. 4). Sedimentprøvene var også fra ubetydelig til markert forurensset av sum PCB₇ (klasse I til III). De meget sterkt forurensede prøvene var primært fra det som antas være det opprinnelige bløte overflatesedimentet i området, men fantes også i en av prøvene som synes være iblandet dypere materiale (prøve 7). Forurensningsgraden var så høy at man anbefalte at det ble lagt ut en ny tildekking.

Tabell 4. Analyse av sedimentprøver etter grunnbrudd i anleggsområdet. Forurensningsgrad etter SFTs klassifisering er markert med fargekoder:

| | | | | |
|-------------------|---------|---------|--------|--------------|
| Lite / ubetydelig | Moderat | Markert | Sterkt | Meget sterkt |
|-------------------|---------|---------|--------|--------------|

| Prøve nr. | TTS % | TOC mg/kg | sum PCB ₇ µg/kg tv | sum PAH ₁₆ µg/kg tv |
|-----------|-------|-----------|-------------------------------|--------------------------------|
| 1 + 2 | 11.5 | 40.4 | 5.61 | 110763 |
| 3 | 22.1 | 127 | 42.5 | 85861 |
| 4 | 18.7 | 155 | 60.4 | 503265 |
| 5 | 15.7 | 129 | 0 | 8267 |
| 6 | 22.0 | 87.9 | 0 | 2153 |
| 7 | 17.1 | 110 | 3.53 | 196918 |

4. Konklusjoner og anbefalinger

Siktedyp og vertikalprofiler av lyssvekning (begge et mål på partikkeltetthet) på to tidspunkter i anleggsperioden (30. april og 15. mai) viste at forurensede partikler ble virvlet opp i vannet, men at siltskjørtet i alle fall på disse tidspunkter i stor grad forhindret spredning til områdene utenfor. Toktet i april avdekket et tynt horisontalt sjikt med meget høy partikkeltetthet over mesteparten av Heggedalsbukta på 6 m dyp, men det er ikke datagrunnlag for å koble dette til anleggsområdet.

På de samme toktene var vannet over hele sørlige delen av Heggedalsbukta moderat forurensset av kadmium og med ett unntak markert forurensset av kobber og bly. Det ble også påvist høyere totalkonsentrasjon av kadmium, kobber, bly og PAH i vannet på innsiden enn på utsiden av siltskjørtet, mest markert for PAH. Dette viser at både tungmetaller og PAH ble mobilisert under anleggsarbeidet. Forhøyede konsentrasjoner innenfor skjørtet skyldtes ikke bare øket partikkelmengde i vannet, men også (og spesielt for PAH) at partiklene i seg selv var mer forurensset enn partiklene i vannet utenfor skjørtet. Det var ingen systematisk forskjell i metallkonsentrasjoner rett på utsiden av skjørtet og lenger nord i bukta, mens PAH-konsentrasjonen var noe forhøyet i vannet rett utenfor skjørtet. PCB ble ikke påvist i noen av vannprøvene.

To uker etter at siltskjørtet var fjernet var partikkelvariasjonen i den sørlige del av Heggedalsbukta liten og usystematisk, og en eventuell tilførsel av partikler fra anleggsområdet til vannet i bukta var ikke lenger målbar med lystransmisjons-metoden. Undersøkelsene ga generelt inntrykk av at forurensningsforholdene var i ferd med å bedre seg. De kjemiske analysene viste imidlertid fortsatt markert forurensning av kobber og bly i vannet i hele sørlige del av Heggedalsbukta. Det var også fortsatt et svakt signal på tilførsel av PAH til vannet i selve anleggsområdet, men dette ansees være for svakt til å være av betydning. Som kontroll på hvorvidt denne tilstanden er etterdønninger etter anleggsarbeidet eller er vedvarende, anbefales det at man foretar nye vannanalyser av metaller etter at noe tid er gått, forslagsvis i april eller mai 2002 (som vil være direkte sammenlignbart med toktene i 2001). Behovet for eventuell videre overvåking ut over dette bør vurderes på grunnlag av resultatene fra disse analysene.

Sedimentprøvene tatt fra tildekkingsområdet etter grunnbrudd tidlig i august var ubetydelig til markert forurensset av sum PCB₇ og markert til meget sterkt forurensset av sum PAH₁₆. De mest forurensede prøvene var primært fra det som antas være det opprinnelige bløte overflatesedimentet i området, men fantes også i en av prøvene av dypere materiale. Forurensningsgraden var stor nok til at det ble anbefalt å legge ut en ny tildekking.

5. Referanser

Molvær, J., Knutzen, J., Magnusson, J. Rygg, B., Skei, J., Sørensen, J., 1997. Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarbann. Veiledning. SFT veiledning 97:03. TA-nummer 1467/1997, 36s.

Vedlegg A. Analyseprinsipper

| | | | |
|--|---|-----------------|---------------------|
| NIVA-metode nr. B 3-3 | Analysevariabel: Totalt tørrstoffinnhold | Måleenhet: % | Labdatakode: TTS |
| Bestemmelse av tørrstoffinnholdet i slam, sedimenter og biologisk materiale. | | | |
| Anvendelsesområde: Denne metoden benyttes ved bestemmelse av totalt innhold av tørrstoff i alle typer slam og sedimenter, samt biologisk materiale. | | | |
| Prinsipp: Tørrstoffinnholdet i slam og sedimenter bestemmes som regel ved frysetørring ved at en innveid mengde prøve dypfryses og tørkes til tørrhet ved frysetørring, mens biologisk materiale som regel tørkes i varmeskap ved 105 ° C, og den gjenværende rest veies. Totalt tørrstoff for slam, sedimenter og biologisk materiale oppgis på tørrvektbasis. | | | |
| Instrument(er): Thermaks 4115 varmeskap, Sartorius R 200 D (rom 614) og Sartorius BP 1200 (rom 714) vekter. Aluminiumskåler minimum 20 ml. | | | |
| Måleusikkerhet: Tre sedimentprøver benyttet til kontroll av repeterbarheten ga følgende standardavvik for TTS og TGR: 2.3 og 5.0, 5.2 og 3.6, 5.7 og 3.5. | | | |
| Referanser: NS 4764. Tørrstoff og gløderest i vann, slam og sedimenter. 1980, 1. utgave. | | | |

| | | | |
|---|---|--------------------|---------------------|
| NIVA-metode nr. B 4 | Analysevariabel: Totalt suspendert materiale | Måleenhet: mg/l | Labdatakode: TSM |
| Bestemmelse av totalt suspendert materiale. | | | |
| Anvendelsesområde: Metoden brukes til bestemmelse av små mengder suspendert materiale i sjøvann og brakkvann. Anvendelse av metoden forutsetter bruk av mikrovekt utstyrt med ionekilde som fjerner statisk elektrisitet. | | | |
| Prinsipp: Nuclepore kapillærfiltre tørkes ved 40 - 50°C i to timer, og taraen bestemmes ved veiing på mikrovekt utstyrt med ionekilde. Prøven filtreres gjennom et slikt filter, som igjen tørkes ved 40 - 50°C i to timer før det veies på mikrovekt. Tørrstoffet representeres ved vektøkningen. | | | |
| Instrument(er): Sartorius 4503 Micro utstyrt med ionekilde "Static Eliminator Bar, Pu 210, Item no. LC 9793. Nuclepore kapillærfilter med porevidde 0.4 µm og diameter 47 mm. Filtreroppsats og vannstrålepumpe. | | | |
| Måleusikkerhet: For fire målinger av en prøve ble middelerdien 1,18 mg/l og standardavviket 0,19 mg/l, og for seks målinger av en annen prøve ble de henholdsvis 3,57 og 0,36 mg/l. Etter 38 dobbeltanalyser av naturlige prøver ble middelerdi og standardavvik for differansene 0.02 og 0.36 mg/l. | | | |
| Referanser: Standard methods 1995, 19 th . Ed., 2540 D, pp 2-54: Total suspended solids dried at 103 – 105°C. (Benytter nuclepore istedenfor glassfiber filtre). | | | |

| | | | |
|--|--------------------------------------|-----------------|-------------------|
| NIVA-metode nr. E 11 | Analysevariabel: Freonekstraksjon | Måleenhet: - | Labdatakode: - |
| Bestemmelse av metaller etter ekstraksjon med freon. | | | |
| <p>Anvendelsesområde:</p> <p>Metoden benyttes når konsentrasjonen av de aktuelle metaller er for lav til at de kan bestemmes direkte, eller hvis prøven inneholder så mye løste salter at de forstyrrer ved den direkte bestemmelsen, f.eks. brakkvann. Ved tyve gangers oppkonsentrering oppnås nedre grense; Cu 25, Ni 25, Pb 25, Co 5, Cd 5, Zn 500 ng/l</p> | | | |
| <p>Prinsipp:</p> <p>Mange tungmetallioner danner komplekser med APDC, Ammoniumpyrrolidin-1-ditiokarbamat ($C_5H_{12}N_2S_2$) og DDTC, Dietylammonium-N,N-dietylditiokarbamat ($C_9H_{22}N_2S_2$), som ved pH = 4-5 kan ekstraheres over i freon. Etter oppkonsentrering, og tilbake-ekstraksjon til fortynnet salpetersyre, er prøvene stabile og kan om nødvendig lagres over lengre tid. Selve bestemmelsen utføres med atomabsorpsjon på grafittovn. Prøvenes pH må ikke avvike fra naturlig vann i vesentlig grad. Jerninnhold på mer enn 2 mg/l forstyrrer ved ekstraksjonen.</p> | | | |
| <p>Instrument(er):</p> <p>500 ml skilletrakter av low density polyeten, med vid hals og skrulokk.</p> | | | |
| <p>Måleusikkerhet:</p> <p>Se NIVA-dokument Y-3.</p> | | | |
| <p>Referanser:</p> <p>L.-G. Danielson, B. Magnusson, S. Westerlund: Anal Chim. Acta 1978, 98, 47 – 57.</p> | | | |

| | | | |
|--|---|--------------------|-----------------------------------|
| NIVA-metode nr. G 6 | Analysevariabel: Totalt karbon og nitrogen | Måleenhet: mg/l | Labdatakode: TC/F, TN/F, TOC/F |
| Bestemmelse av karbon og nitrogen i fast stoff med Carlo Erba elementanalysator. | | | |
| <p>Anvendelsesområde:</p> <p>Metoden gjelder for bestemmelse av nitrogen og karbon i tørt stoff og i ikke-flyktige, tungt-flytende væsker, samt frafiltrert materiale på glassfiberfiltre. Konsentrasjonsområdet for bestemmelsen er 0.1% - 100%. Tørkede prøver må kunne homogeniseres til pulverform da uttaket pr. prøve er fra 0.5 mg til 10 mg. Deteksjonsgrenser : 0.1% nitrogen - 1.0 µg/mg N, 0.1% karbon - 1.0 µg/mg C.</p> | | | |
| <p>Prinsipp:</p> <p>Tørr prøve veies inn i tinnkapsler som forbrennes i oksygenmettet heliumgass ved ca. 1800°C. Ved hjelp av katalysatorer vil forbrenningen bli fullstendig. Overskudd av oksygen fjernes ved hjelp av kobber ved ca. 650°C. Her reduseres også nitrogenoksyder til N₂-gass. Forbrenningsgassene passerer deretter en kromatografisk kolonne, og N₂- og CO₂-gassene detekteres i en varmetrådsdetektor. Arealet under toppene integreres, og integralverdiene behandles av et PC-program. Resultatene regnes ut i prosent, skrives ut og lagres på diskett.</p> | | | |
| <p>Instrument(er):</p> <p>Carlo Erba Elementanalysator 1106, med prøveveksler AS 400 LS.</p> | | | |
| <p>Måleusikkerhet:</p> <p>84 målinger av sulfanilamid med teoretisk verdi 41.84% C ga middelerdi 41.66% og standardavvik 0.22% C. For nitrogen er teoretisk verdi 16.27%, og 84 målinger ga her 16.37 og 0.36% N.</p> | | | |
| <p>Referanser:</p> <p>CARLO ERBA STRUMENTAZIONE, ELEMENTAL ANALYZER 1106. Instruction manual. APPLICATION LAB REPORTS, Elemental analysis lab, Carlo Erba. January 1987.</p> | | | |

| | | | |
|--|---|--------------------|--------------------------------|
| NIVA-metode nr. H 2-2 | Analysevariabel: Polyaromatiske hydrokarboner | Måleenhet: ng/l | Labdatakode: PAH-V, PAH16-V |
| Ekstraksjon og opparbeiding av PAH i vannprøver. | | | |
| Anvendelsesområde: Metoden benyttes for bestemmelse av PAH i vann og avløpsvann. Deteksjonsgrensen avhenger av prøvemengden. Denne metoden benyttes sammen med metode H 2-1. | | | |
| Prinsipp: Prøvene tilsettes indre standarder og ekstraheres med syklohexan. Ekstraktet gjennomgår ulike renseprosesser for å fjerne forstyrrende stoffer. Tilslutt analyseres ekstraktet med GC/MSD. PAH identifiseres med MSD ut fra retensjonstider og forbindelsenes molekylloner. Kvantifisering utføres ved hjelp av de tilsatte indre standarder. | | | |
| Instrument(er): Hewlett Packard modell 5890 Series II, med column injector og HP autosampler 7673. Systemet er utstyrt med HD modell 5970 B masseselektiv detektor, og kolonne HP- 5 MS 30 m x 0.25 mm i.d. x 0.25 µm. | | | |
| Måleusikkerhet: Se NIVA-dokument nr. Y – 3. | | | |
| Referanser: Grimmer, G. og Bøhnke, H., 1975. Jour. of the AOAC, Vol. 58, No. 4. | | | |

| | | | |
|---|---|--------------------------|----------------------------------|
| NIVA-metode nr. H 2-3 | Analysevariabel: Polyaromatiske hydrokarboner | Måleenhet: µg/kg t.v. | Labdatakode: PAH-Sm, PAH16-Sm |
| Ekstraksjon og opparbeiding av PAH i sedimenter. | | | |
| Anvendelsesområde: Metoden benyttes for bestemmelse av PAH i sedimenter fra innsjøer og marine områder. Deteksjonsgrensen avhenger av prøvemengden. Denne metoden benyttes sammen med metode H 2-1. | | | |
| Prinsipp: Prøvene tilsettes indre standarder og PAH ekstraheres i Soxhlet med diklormetan. Ekstraktet gjengår så ulike renseprosesser for å fjerne forstyrrende stoffer. Tilslutt analyseres ekstraktet med GC/MSD. PAH identifiseres med MSD ut fra retensjonstider og forbindelsenes molekylloner. Kvantifisering utføres ved hjelp av de tilsatte indre standarder. | | | |
| Instrument(er): Hewlett Packard modell 5890 Series II, med column injector og HP autosampler 7673. Systemet er utstyrt med HD modell 5970 B masseselektiv detektor, og kolonne HP-5 MS 30 m x 0.25 mm i.d. x 0.25 µm. | | | |
| Måleusikkerhet: Se NIVA-dokument nr. Y – 3. | | | |
| Referanser: Grimmer, G. og Bøhnke, H., 1975. Jour. of the AOAC, Vol. 58, No. 4. | | | |

| | | | |
|--|--|--------------------|-------------------------------|
| NIVA-metode nr. H 3-2 | Analysevariabel: Polyklorerte bifenyler | Måleenhet: ng/l | Labdatakode: PCB-V, PCB7-V |
| Ekstraksjon og opparbeiding av klororganiske forbindelser i vannprøver. | | | |
| Anvendelsesområde: Metoden benyttes for bestemmelse av klororganiske forbindelser i renvann (ferskvann og sjøvann) og avløpsvann. Med klororganiske forbindelser menes i denne sammenheng klorpesticider og polyklorerte bifenyler (PCB). | | | |
| Prinsipp: Prøvene tilsettes indre standard og ekstraheres med organiske løsemidler. Ekstraktene gjennomgår ulike rensetrinn for å fjerne interfererende stoffer. Til slutt analyseres ekstraktet ved bruk av gasskromatograf utstyrt med elektroninnfangningsdetektor, GC/ECD. De klororganiske forbindelsene identifiseres ut fra de respektives retensjonstider. Det kan benyttes to kolonner med ulik polaritet. Kvantifisering utføres ved hjelp av indre standard. | | | |
| Instrument(er): Hewlett Packard modell 5890 Series II, med column injector og HP autoinjektor 7673. Systemet er utstyrt med elektroninnfangningsdetektor (ECD). | | | |
| Måleusikkerhet: Se NIVA-dokument nr. Y – 3. | | | |
| Referanser: Brilis, G.M. & J.Marsden: Chemosphere 21, 91- 98, (1990). Brevik, E.M.: Bull. Environ. Cont. Toxicol. 19, 281 - 286, (1978). Harvey, A & A.Loomis.: J. Gen. Physiol. 15, 147, (1932). Lopez-Avila, V. et al. : J. Assoc. Off. Anal. Chem 72, 593 - 602, (1989). | | | |

| | | | |
|--|--|--------------------------|---------------------------------|
| NIVA-metode nr. H 3-3 | Analysevariabel: Polyklorerte bifenyler | Måleenhet: µg/kg t.v. | Labdatakode: PCB-Sm, PCB7-Sm |
| Ekstraksjon og opparbeiding av klororganiske forbindelser i sedimentprøver. | | | |
| Anvendelsesområde: Metoden benyttes for bestemmelse av klororganiske forbindelser i sedimenter og slam,. Med klororganiske forbindelser menes i denne sammenheng klorpesticider og polyklorerte bifenyler (PCB). | | | |
| Prinsipp: Prøvene tilsettes indre standard og ekstraheres med organiske løsemidler. Ekstraktene gjennomgår ulike rensetrinn for å fjerne interfererende stoffer. Til slutt analyseres ekstraktet ved bruk av gasskromatograf utstyrt med elektroninnfangningsdetektor, GC/ECD. De klororganiske forbindelsene identifiseres ut fra de respektives retensjonstider. Det kan benyttes to kolonner med ulik polaritet. Kvantifisering utføres ved hjelp av indre standard. | | | |
| Instrument(er): Hewlett Packard modell 5890 Series II, med column injector og HP autoinjektor 7673. Systemet er utstyrt med elektroninnfangningsdetektor (ECD). | | | |
| Måleusikkerhet: Se NIVA-dokument nr. Y – 3. | | | |
| Referanser: Brilis, G.M. & J.Marsden: Chemosphere 21, 91- 98, (1990). Brevik, E.M.: Bull. Environ. Cont. Toxicol. 19, 281 - 286, (1978). Harvey, A & A.Loomis.: J. Gen. Physiol. 15, 147, (1932). Lopez-Avila, V. et al. : J. Assoc. Off. Anal. Chem 72, 593 - 602, (1989). | | | |

Vedlegg B. Rådata

Tokt 1: 30. april 2001 St. 1 Blandpr 1+2+3m, St. 2 Blandpr 1+2+3m , St. 7 Blandpr 1+3+6,5m

| | | TSM | Cd/Fr-Sj | Cu/Fr-Sj | Pb/Fr-Sj | CB28-V | CB52-V | CB101-V | CB118-V | CB153-V | CB180-V | |
|--------|------|---------|------------|-------------|----------|---------|--------|---------|---------|------------|------------|------------|
| Merket | Type | mg/l | µg/l | µg/l | µg/l | ng/l | ng/l | ng/l | ng/l | ng/l | ng/l | |
| | | B 4 | E 11 | E 11 | E 11 | H 3-2 | H 3-2 | H 3-2 | H 3-2 | H 3-2 | H 3-2 | |
| St. 1 | sjø | 1.07 | 0.03 | 0.81 | 0.15 | <1,0 | <1,0 | <1,0 | <1,0 | <1,0 | <1,0 | |
| St. 2 | sjø | 2.72 | 0.071 | 2.35 | 0.87 | <1,0 | <1,0 | <1,0 | <1,0 | <1,0 | <1,0 | |
| St. 7 | sjø | 1.81 | 0.036 | 1.13 | 0.28 | <3,0 | <3,0 | <3,0 | <3,0 | <3,0 | <3,0 | |
| Merket | Type | CB138-V | Sum PCB | Seven Dutch | NAP-V | ACNLE-V | ACNE-V | FLE-V | PA-V | ANT-V | FLU-V | |
| | | ng/l | ng/l | ng/l | ng/l | ng/l | ng/l | ng/l | ng/l | ng/l | ng/l | |
| | | H 3-2 | Beregnet * | Beregnet * | H 2-2 | H 2-2 | H 2-2 | H 2-2 | H 2-2 | H 2-2 | H 2-2 | |
| St. 1 | sjø | <1,0 | 0 | 0 | 13 | <5 | <5 | <5 | 13 | <5 | 15 | |
| St. 2 | sjø | <1,0 | 0 | 0 | 1000 | 73 | 87 | 63 | 508 | 119 | 915 | |
| St. 7 | sjø | <3,0 | 0 | 0 | 15 | <5 | <5 | <5 | <5 | <5 | <5 | |
| Merket | Type | PYR-V | BAA-V | CHRT-R-V | BBF-V | BKF-V | BAP-V | DBA3A-V | BGHIP-V | Sum PAH | Sum KPAH | Sum NPD |
| | | ng/l | ng/l | ng/l | ng/l | ng/l | ng/l | ng/l | ng/l | ng/l | ng/l | ng/l |
| | | H 2-2 | H 2-2 | H 2-2 | H 2-2 | H 2-2 | H 2-2 | H 2-2 | H 2-2 | Beregnet * | Beregnet * | Beregnet * |
| St. 1 | sjø | 8 | <5 | <5 | <5 | <5 | <5 | <5 | <5 | 49 | 0 | 26 |
| St. 2 | sjø | 558 | 19 | 646 | 405 | | 60 | <5 | 8 | 4056 | 79 | 1508 |
| St. 7 | sjø | <5 | <5 | <5 | <5 | <5 | <5 | <5 | <5 | 15 | 0 | 15 |

Tokt 1: 15. mai 2001 St. 1 Blandpr 1+2+3m, St. 2 Blandpr 1+2+3m , St. 7 Blandpr 1+3+6,5m

| | | TSM | Cd/Fr-Sj | Cu/Fr-Sj | Pb/Fr-Sj | CB28-V | CB52-V | CB101-V | CB118-V | CB153-V | CB138-V | |
|--------|------|---------|------------|-------------|----------|---------|--------|---------|---------|------------|------------|------------|
| Merket | Type | mg/l | µg/l | µg/l | µg/l | ng/l | ng/l | ng/l | ng/l | ng/l | ng/l | |
| | | B 4 | E 11 | E 11 | E 11 | H 3-2 | H 3-2 | H 3-2 | H 3-2 | H 3-2 | H 3-2 | |
| St. 1 | sjø | 1.77 | 0.036 | 1.35 | 0.17 | <0,40 | <0,40 | <0,40 | <0,40 | <0,40 | <0,40 | |
| St. 2 | sjø | 7.82 | 0.091 | 6.35 | 3 | <0,40 | <0,40 | <0,40 | <0,40 | <0,40 | <0,40 | |
| St. 7 | sjø | 1.34 | 0.031 | 1.04 | 0.13 | <0,40 | <0,40 | <0,40 | <0,40 | <0,40 | <0,40 | |
| Merket | Type | CB180-V | Sum PCB | Seven Dutch | NAP-V | ACNLE-V | ACNE-V | FLE-V | PA-V | ANT-V | FLU-V | |
| | | ng/l | ng/l | ng/l | ng/l | ng/l | ng/l | ng/l | ng/l | ng/l | ng/l | |
| | | H 3-2 | Beregnet * | Beregnet * | H 2-2 | H 2-2 | H 2-2 | H 2-2 | H 2-2 | H 2-2 | H 2-2 | |
| St. 1 | sjø | <0,40 | 0 | 0 | 12 | <2 | <2 | 3.1 | 4.3 | <2 | 5.6 | |
| St. 2 | sjø | <0,40 | 0 | 0 | 19 | <2 | 36 | 21 | 52 | 17 | 288 | |
| St. 7 | sjø | <0,40 | 0 | 0 | 5.8 | <2 | <2 | 2.2 | 3.2 | <2 | 6.6 | |
| Merket | Type | PYR-V | BAA-V | CHRT-R-V | BBF-V | BKF-V | BAP-V | DBA3A-V | BGHIP-V | Sum PAH | Sum KPAH | Sum NPD |
| | | ng/l | ng/l | ng/l | ng/l | ng/l | ng/l | ng/l | ng/l | ng/l | ng/l | ng/l |
| | | H 2-2 | H 2-2 | H 2-2 | H 2-2 | H 2-2 | H 2-2 | H 2-2 | H 2-2 | Beregnet * | Beregnet * | Beregnet * |
| St. 1 | sjø | 2.6 | <2 | 2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | 29.6 | 0 | 16.3 |
| St. 2 | sjø | 94 | 26 | 53 | 39 | 12 | 14 | 5.3 | 16 | 641.3 | 45.3 | 71 |
| St. 7 | sjø | 2.8 | <2 | 2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | 22.6 | 0 | 9 |

Tøkt 1: 27. november 2001. St. 1 Blandpr 1+2+3m, St. 7 Blandpr 1+3+6.5m , St. 8 Blandpr 1+3+8m

| | | TSM | Cd/Fr-Sj | Cu/Fr-Sj | Pb/Fr-Sj | CB28-V | CB52-V | CB101-V | CB118-V | CB153-V | CB138-V | |
|--------|------|---------|------------|-------------|----------|---------|--------|---------|---------|------------|------------|------------|
| Merket | Type | mg/l | µg/l | µg/l | µg/l | ng/l | ng/l | ng/l | ng/l | ng/l | ng/l | |
| | | B 4 | E 11 | E 11 | E 11 | H 3-2 | H 3-2 | H 3-2 | H 3-2 | H 3-2 | H 3-2 | |
| St. 1 | sjø | 0.55 | 0.025 | 0.76 | 0.2 | <1,0 | <1,0 | <1,0 | <1,0 | <1,0 | <1,0 | |
| St. 7 | sjø | 0.49 | 0.028 | 0.54 | 0.14 | <1,0 | <1,0 | <1,0 | <1,0 | <1,0 | <1,0 | |
| St. 8 | sjø | 0.54 | 0.024 | 0.74 | 0.23 | <1,0 | <1,0 | <1,0 | <1,0 | <1,0 | <1,0 | |
| | | | | | | | | | | | | |
| Merket | | CB180-V | Sum PCB | Seven Dutch | NAP-V | ACNLE-V | ACNE-V | FLE-V | PA-V | ANT-V | FLU-V | PYR-V |
| | | ng/l | ng/l | ng/l | ng/l | ng/l | ng/l | ng/l | ng/l | ng/l | ng/l | ng/l |
| | | H 3-2 | Beregnet * | Beregnet * | H 2-2 | H 2-2 | H 2-2 | H 2-2 | H 2-2 | H 2-2 | H 2-2 | H 2-2 |
| St. 1 | sjø | <1,0 | 0 | 0 | <5 | <5 | <5 | <5 | <5 | <5 | 6 | 5.2 |
| St. 7 | sjø | <1,0 | 0 | 0 | <5 | <5 | <5 | <5 | <5 | <5 | 5 | <5 |
| St. 8 | sjø | <1,0 | 0 | 0 | <5 | <5 | <5 | <5 | <5 | <5 | 6.1 | <5 |
| | | | | | | | | | | | | |
| Merket | | BAA-V | CHRTR-V | BBF-V | BKF-V | BAP-V | ICDP-V | DBA3A-V | BGHIP-V | Sum PAH | Sum KPAH | Sum NPD |
| | | ng/l | ng/l | ng/l | ng/l | ng/l | ng/l | ng/l | ng/l | ng/l | ng/l | ng/l |
| | | H 2-2 | H 2-2 | H 2-2 | H 2-2 | H 2-2 | H 2-2 | H 2-2 | H 2-2 | Beregnet * | Beregnet * | Beregnet * |
| St. 1 | sjø | <5 | <5 | <5 | <5 | <5 | <5 | <5 | <5 | 11.2 | 0 | 0 |
| St. 7 | sjø | <5 | <5 | <5 | <5 | <5 | <5 | <5 | <5 | 5 | 0 | 0 |
| St. 8 | sjø | <5 | <5 | <5 | <5 | <5 | <5 | <5 | <5 | 6.1 | 0 | 0 |

Vedlegg C. Normalisering mot TSM

Normalisering av vannkonsentrasjoner av metaller PAH og PCB mot TSM på hvert tokt er gjort ved formelen:

$$C_i(\text{norm}) = C_i(\text{målt}) * TSM_{\text{av}}/TSM_i$$

der der i er stasjon nr i , og TSM_{av} er gjennomsnittlig TSM på alle tre stasjoner på dette toktet.

Utgangskonsentrasjoner:

| Dato | Stasjon | TSM mg/l | Cd ng/l | Cu µg/l | Pb µg/l | PCB ₇ ng/l | PAH ₁₆ ng/l |
|------------|-------------------|----------|---------|---------|---------|-----------------------|------------------------|
| 30.04.2001 | St. 1 | 1.07 | 30 | 0.81 | 0.15 | 0 | 49 |
| | St. 2 | 2.72 | 71 | 2.35 | 0.87 | 0 | 4056 |
| | St. 7 | 1.81 | 36 | 1.13 | 0.28 | 0 | 15 |
| | TSM _{av} | 1.86 | | | | | |
| 15.05.2001 | St. 1 | 1.77 | 36 | 1.35 | 0.17 | 0 | 29.6 |
| | St. 2 | 7.82 | 91 | 6.35 | 3 | 0 | 641.3 |
| | St. 7 | 1.34 | 31 | 1.04 | 0.13 | 0 | 22.6 |
| | TSM _{av} | 3.64 | | | | | |
| 27.11.2001 | St. 1 | 0.55 | 25 | 0.76 | 0.2 | 0 | 11.2 |
| | St. 7 | 0.49 | 28 | 0.54 | 0.14 | 0 | 5 |
| | St. 8 | 0.54 | 24 | 0.74 | 0.23 | 0 | 6.1 |
| | TSM _{av} | 0.52 | | | | | |

Normaliserte verdier

| Dato | Stasjon | Cd ng/l | Cu µg/l | Pb µg/l | PCB ₇ ng/l | PAH ₁₆ ng/l |
|------------|---------|---------|---------|---------|-----------------------|------------------------|
| 30.04.2001 | St. 1 | 52.34 | 1.41 | 0.26 | 0.00 | 85.48 |
| | St. 2 | 48.73 | 1.61 | 0.60 | 0.00 | 2783.53 |
| | St. 7 | 37.13 | 1.17 | 0.29 | 0.00 | 15.47 |
| 15.05.2001 | St. 1 | 74.10 | 2.78 | 0.35 | 0.00 | 60.93 |
| | St. 2 | 42.40 | 2.96 | 1.40 | 0.00 | 298.78 |
| | St. 7 | 84.29 | 2.83 | 0.35 | 0.00 | 61.45 |
| 27.11.2001 | St. 1 | 23.94 | 0.73 | 0.19 | 0.00 | 10.72 |
| | St. 7 | 30.10 | 0.58 | 0.15 | 0.00 | 5.37 |
| | St. 8 | 23.41 | 0.72 | 0.22 | 0.00 | 5.95 |